



MICROMETEORITOS

**material extraterrestre
al alcance de la mano**

Un proyecto del “Día Internacional de la Luz”

Rosa M. Ros, Beatriz García, Dongni Chen, Geya Zhu, Fateme Hasheminasab, Ambrozje Chis, Paula Chis, Stefan Müller-Champrenaud

MICROMETEORITOS: material extraterrestre al alcance de la mano

Un proyecto del “Día Internacional de la Luz”

Rosa M. Ros

Beatriz García

Dongni Chen, Geya Zhu

Fateme Hasheminasab

Ambrozie Chis, Paula Chis

Stefan Müller-Champrenaud



Créditos:

Autores: Rosa M. Ros, Beatriz García, Dongni Chen, Geya Zhu, Fateme Hasheminasab, Paula Chis, Ambrozie Chis y Stefan Müller-Champrenaud

Editorial: Guillermo Valentín

ISBN: 978-84-15771-87-6



Prólogo

Del 27 al 29 de octubre de 2023, Viladecans acogió por cuarta vez en apenas ocho años una nueva edición del concurso Ciencia en Acción. Esta edición ha sido especial para nosotros, porque ha sido el primer concurso de la nueva era de Ciencia en Acción, ya que Rosa M. Ros dejó la dirección de este emblemático evento en 2022. Actualmente, Ciencia en Acción es un evento incluido en la Red Innpulso, del Ministerio de España, para las Ciudades de la Ciencia y la Innovación, formada por más de 100 ciudades de toda España. La secretaría técnica está ubicada en Viladecans, que tiene un gran compromiso con la divulgación científica, la innovación y el compromiso con los objetivos internacionales frente al cambio climático. Dos semanas antes del encuentro Ciencia en Acción, Viladecans ganó el premio de ciudad europea Hoja Verde 2025, donde el conocimiento científico ha jugado un papel clave para conseguir este reconocimiento europeo. La ciencia también está detrás de muchos de los proyectos de ciudad que estamos desarrollando, como la misión de convertirnos en una ciudad neutra en carbono para 2030, el plan de ciudad de naturalización, entre muchos otros.

El deseo de ser una ciudad generadora de oportunidades para todos sus vecinos ha hecho que Viladecans vire la promoción de la cultura, el acceso a la tecnología, la innovación en educación y la promoción de la ciudad desde el punto de vista social y económico. Proyectos como Ciencia en Acción o el evento final de NASE, dentro de UNESCO, encajan perfectamente con los objetivos de Viladecans, donde ponemos el énfasis en el éxito educativo, la innovación y la promoción de la igualdad de oportunidades para los ciudadanos, una promoción en la que la educación, la ciencia y la cultura son algunos de los pilares fundamentales del equipo de gobierno local. Por eso, en Viladecans seguiremos atentos al trabajo futuro que realicéis para el programa y os abriremos las puertas de nuestra ciudad para lo que necesitéis.

Espero que nos volvamos a encontrar en el futuro y sigamos llevando la fascinación de la magia científica a todas partes. Gracias por elegirnos para reunirnos nuevamente en nuestra ciudad.

Atentamente,

Jordi Mazón

Teniente de Alcalde de Promoción y Difusión de la Ciencia
Ayuntamiento de Viladecans

El evento final de 'Ciencia en Acción 2023', es decir, "Ciencia en Escena España 2023", tuvo lugar en Viladecans, cerca de Barcelona, España. En esta ocasión como en ediciones anteriores, la Gran Experiencia correspondió a un proyecto dentro de la actividad del año asociada con el *Día Internacional de la Luz* de NASE y la UNESCO. En 2023, se invitó a profesores y estudiantes a buscar micrometeoritos. Esta sencilla actividad propuso a las escuelas la recolección de material extraterrestre para poder estudiarlo con sus alumnos. El proyecto fue un éxito y muchas escuelas y estudiantes de todo el mundo encontraron y analizaron estos materiales.

El número de países participantes fue 28: Alemania, Argelia, Argentina, Armenia, Benin, Bulgaria, China, Colombia, Corea del Sur, Ecuador, España, Estados Unidos, Etiopía, Finlandia, Grecia, Guinea Conakry, India, Irán, Letonia, Mongolia, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Portugal, República Dominicana, Rumanía, Uruguay y Vietnam. Los grupos prepararon un total de 180 informes realizados por escuelas primarias y secundarias, universidades y observatorios. Aumentamos el número de países e informes recibidos respecto a ediciones anteriores.

Veinte instituciones internacionales colaboraron con esta propuesta, como la Cité de la Science en Túnez, Túnez, CLEA, el Comité de Liaison Enseignants et Astronomers, Francia, el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina (CONICET), el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, España (CSIC), el Entoto Observatory, Etiopía, el Space Science Society, Etiopía (ESSTI), el Institut für Astrophysik, University of Wien, Austria, el Institut Teknologi Bandung, Indonesia, el Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço, Portugal, ITAU Iranian Teacher's Astronomy Union, Irán (ITAU), el Instituto de Tecnologías en Detección y Astropartículas (ITeDA, CNEA-CONICET-UNSAM), Argentina, el Institut Teknologi Sumatera, Indonesia (ITERA), la Students Iranian Network for Astronomy, Iran (SINA), el Instituto Nacional de Investigación Astronómica de Tailandia (NARIT), el Planetario de Beijing, China, el Planetario de Oporto, Portugal, la Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina y la University of Oporto, Portugal. Estas instituciones han difundido el Proyecto por todo el mundo, entre los equinoccios de marzo a septiembre. El programa concluyó con una sesión presencial el 27 de octubre y una sesión online el 28 de octubre.

En Viladecans participaron quince profesores de Alemania, Armenia, Bulgaria, España, Mongolia y Rumanía que se organizaron en grupos en seis tiendas de campaña distribuidas estratégicamente en la ciudad de Viladecans, donde los alumnos locales tuvieron la oportunidad de visitar estos espacios para aprender sobre los micrometeoritos.

En particular hay que destacar el gran trabajo realizado por el Ayuntamiento de Viladecans al colaborar en la organización del acto, el desplazamiento del profesorado local y sus alumnos desde los diferentes centros hasta los puntos donde se desarrollaron las manifestaciones.

Rosa M. Ros Ferré

Presidente de NASE-IAU

Introducción

Como en ediciones anteriores, NASE (Network for Astronomy School Education) diseñó y ejecutó un proyecto como Gran Experiencia de Ciencia en Acción en el marco del “Día Internacional de la Luz” de la UNESCO.

La propuesta “Luz, Cámaras y Vida” se desarrolló de marzo a septiembre de 2023 y comenzó con el evento online sincrónico “3er Puentes entre Culturas” (Ros & García, Eds. 2023)).

Como explicamos en ese momento, no está claro como la vida comenzó en la Tierra; es posible que la vida comenzara fuera de nuestro planeta y hubiera llegado a través del intercambio de rocas gracias al impacto de cometas, asteroides, meteoritos.

Recientemente, una nueva estimación de cuánta roca espacial cae a la Tierra (Evatt et al, 2020); cada año propone un total de 16.000 kilos (Evatt y otros, 2020). Ese cálculo incluye sólo material de meteoritos de más de 50 gramos de masa. No tiene en cuenta el polvo que continuamente se deposita en el planeta.

Protegidos de las condiciones del espacio exterior, los microbios podrían sobrevivir atrapados en las rocas y finalmente evolucionar hacia formas de vida más complejas a lo largo de millones de años, en el buen ambiente de la Tierra. La vida está hecha de material procesado como parte de la evolución de las estrellas; si llega a las rocas, podemos proponer tener una muestra de ella, en la versión más pequeña que podemos tener aquí: los micrometeoritos.

El acto final de clausura se desarrolló de dos formas:

a) un evento presencial el 27 de octubre en la ciudad de Viladecans (Barcelona, España) como “Gran Experiencia” del programa internacional Ciencia en Acción con el fin de promover el estudio de materiales extraterrestres en la escuela.

b) una reunión híbrida el 28 de octubre con la presencia de participantes de todo el mundo (figura 1).

En el marco de Ciencia en Acción y también integrado en las propuestas para el “Día Internacional de la Luz” de la UNESCO, NASE ha venido desarrollando desde hace cinco años estos proyectos definidos como “Gran Experiencia Callejera”. Durante el período activo del proyecto, profesores y estudiantes realizaron la experiencia en sus países, y enviaron sus resultados de manera esquemática, utilizando el formulario proporcionado por NASE para asegurar uniformidad en la adquisición de datos, como se puede observar en las figuras 2a y 2b.



Fig. 1: Foto de grupo de los profesores que participaron en la final presencial en Viladecans (Barcelona) junto con el concejal de promoción y divulgación científica de Viladecans y el alcalde de Ermua y otros miembros de la Red Innpulso. (Crédito: Jordi Mazón).

Profesores de 80 países de la comunidad NASE han podido realizar la experiencia. Algunos de los profesores estuvieron en Viladecans con los alumnos de esta ciudad repitiendo el proceso y recolectando muestras de micrometeoritos que los alumnos se llevaron a casa.

En este sentido, fue fundamental la plena colaboración del Ayuntamiento de Viladecans, que preside la red Innpulso (del Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España) de ayuntamientos interesados en la promoción y el desarrollo científico de la sociedad.



Fig. 2a: Ejemplo de estudiante con su informe y su colección de micrometeoritos, Irán, Fig. 2b: Foto asociada a la recolección. (Crédito: Jahangir Bahmani).

1. Micrometeoritos

Micrometeoritos: Cómo conseguir material extraterrestre

Es fácil recolectar micrometeoritos, a menudo suspendidos en la atmósfera durante largos períodos de tiempo y que caen sobre la Tierra conducidos por diferentes tipos de precipitaciones (como lluvia o nieve).

Este tipo de objetos proceden directamente de la materia que dio origen al sistema solar, y por tanto tienen una edad de unos 4.500 millones de años. Lo sorprendente es que se pueden recoger de forma sencilla.

Los meteoros atraviesan la exosfera y la termosfera sin dificultad porque estas capas no son muy densas. Pero cuando llegan a la mesosfera, la densidad es mayor y cuando se produce el rozamiento con el aire y se disipa el calor, se dan las condiciones para que el material se funda y luego se solidifique nuevamente en la estratosfera y la troposfera (figura 3), por lo que al final del recorrido presentan forma esférica, a veces con estrías y a veces con pequeñas burbujas, como consecuencia de la rápida solidificación (Ros & Hemenway Eds, 2018).

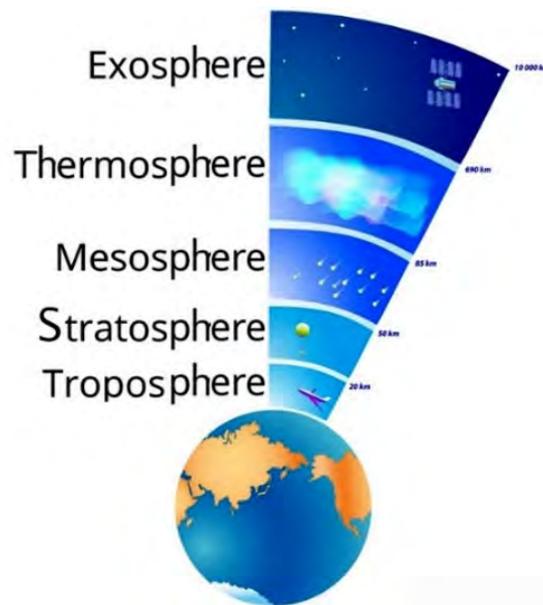


Fig. 3: Atmósfera terrestre.

Ya en la superficie de la Tierra se pueden detectar los que están hechos de hierro y níquel, separándolos de otros objetos y rocas de la superficie con la ayuda de un imán. Sin embargo, en el suelo hay una gran cantidad de elementos ferromagnéticos que quedan atrapados en el imán, y es necesario separarlos del resto de las pequeñas partículas no ferrosas de la muestra recogida, con la ayuda de un tamiz fino.

Para ver las pequeñas esferas basta con un dispositivo de lupa: los micrometeoritos tienen una característica única que permite identificarlos: ¡son esféricos!

Simulando micrometeoritos comestibles

Para simular (y comprender) la forma en que estos objetos, llegados del espacio exterior, adquieren su forma esférica, proponemos un procedimiento experimental muy sencillo.



Fig. 4a: En cazo "efecto casting", Fig. 4b: Realización del goteo con jeringa, Fig. 4c: Columna de enfriamiento y condensación para formar las esferificaciones (Crédito: Paula Chis),

Los implementos para la actividad se encuentran en la figura 4a. Se calienta en un cazo 75 ml de batido de chocolate o zumo de frutas y, antes de que hierva, se retira del fuego y se añade 1 gramo de agar-agar y se remueve bien. (Si no dispone de agar-agar, sustitúyalo por gelatina).

Se llena con aceite de girasol muy frío un recipiente cilíndrico alto y transparente a modo de columna de enfriamiento. (Consejo: poner el aceite en el congelador al menos 30 minutos antes de usarlo). Con una jeringa/pipeta, se dejan caer gotas del líquido calentado en la columna de aceite frío (figura 4b). El contraste de temperatura y la densidad del aceite, provocan que inmediatamente se formen pequeñas esferas. Luego solo nos queda escurrir bien las esferas pequeñas (figura 4c).

Buscando Micrometeoritos en 3 pasos

1) Recolección

1er método: Recuperación de micrometeoritos a partir de material en canalones y cunetas.

El método más sencillo y recomendable para obtener micrometeoritos consiste en recuperar el material que se va depositando continuamente en tejados, carreteras, etc. Cuando llueve, el agua los arrastra, por lo que un buen lugar para coleccionar los micrometeoritos son las canaletas de los tejados y los canalones de calles o rutas, una vez secos. Simplemente, recolecta en una hoja de papel un poco de arena que encuentres en esos lugares (figuras 5a y 5b).



Fig. 5a: En la calle se pueden encontrar canalones donde, después de hacer circular el agua, queda una arena donde podemos localizar meteoritos. Fig. 5b: Esta arena la recolectamos con un papel y procedemos a analizarla (Crédito Ricardo Moreno, Rosa M. Ros).

2o método: Construcción de una “trampa” genérica para micrometeoritos.

También puedes construir “trampas” simples. Para ello necesitas los siguientes elementos:

- una bandeja de cocina
- papel celofán transparente (envoltorio de cocina)

Cubre la bandeja con el celofán doblando los bordes o pegando el celofán por debajo para evitar que se lo lleve el viento (figuras 6a).



Fig. 6a: Bandeja, celofán y cinta adhesiva, Fig. 6b: “Trampa” de micrometeoritos instalada en el jardín durante 2 días, Fig. 6c: Transferencia de todo el material acumulado (Crédito: Beatriz García).

Coloca la bandeja ligeramente separada del suelo, para evitar que el polvo circundante o la presencia de animales contaminen la muestra (figura 6b), en un lugar donde no haya mucho viento y donde nada bloquee el cielo.

Deja esta configuración al aire libre durante al menos dos días o una semana. El papel empezará a verse "sucio". Finalizado el tiempo, transfiere todo el material acumulado en el celofán o film a una hoja de papel (figura 6c).

3er método: Construcción de una “trampa” individual para recolectar micrometeoritos.

Es posible preparar una trampa individual para cada alumno. Son necesarios los siguientes elementos:

- un vaso de papel
- una cuerda para cada taza
- un pequeño imán

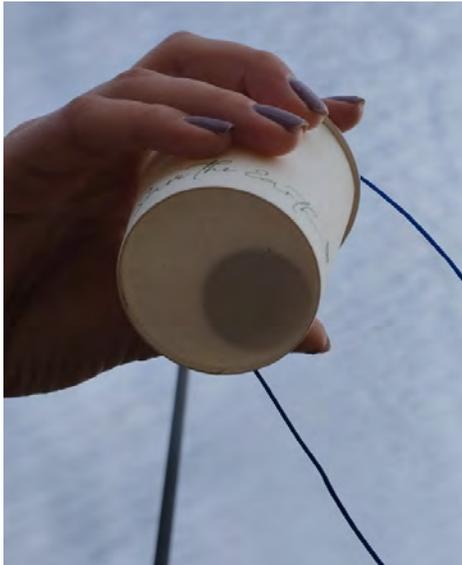


Fig. 7a: Un vaso atado con una cuerda y un pequeño imán en su interior. Fig. 7b: Estudiantes usando el vaso y buscando micrometeoritos (Créditos: Rosa M, Ros)

Para preparar la trampa para cada alumno atamos el vaso con una cuerda y ponemos un pequeño imán dentro del vaso (figura 7a). Los estudiantes se mueven por el área del patio de la escuela con los vasos magnéticos (figura 7b). Luego se retira el imán y, si hay partículas de hierro (micrometeoritos), caerán sobre la hoja de papel blanca. Los estudiantes observan con las cámaras de sus teléfonos para encontrar micrometeoritos (son pequeñas esferas).

2) Separación e identificación.

En los dos primeros casos, canalones o trampas, pasa un imán por debajo de la hoja de papel donde se depositó el material: se verá claramente cómo pequeñas partículas de material ferroso son atraídas por el imán (figura 8). Sin separar el imán, voltea el papel y toda la arena caerá, excepto las finas partículas oscuras, que serán atraídas por el campo magnético del imán. Da la vuelta al papel y retira el imán. Es posible que allí haya micrometeoritos.



Fig. 8: El imán, debajo de la hoja de papel, arrastra el material ferromagnético (Crédito: Beatriz García).

Al observar la muestra con una lupa o la cámara del teléfono móvil al máximo zoom (figura 9), las partículas que son micrometeoritos tienen signos de su fusión previa: tienen formas esféricas, como pequeñas canicas.



Fig. 9: Usando la cámara del teléfono móvil con zoom. (Crédito: Rosa M. Ros)

Si se quiere aumentar el poder de la cámara del móvil, es posible poner una gota de gel desinfectante (utilizado durante el periodo COVID) en el objetivo de la cámara del móvil, que actúa como lupa (figura 10a y 10b). Sin embargo, con la cámara del móvil es perfectamente posible distinguir si son esféricos o no. Si está disponible, un microscopio puede ayudar a producir un mayor aumento.

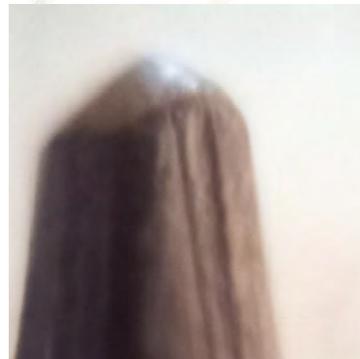


Fig. 10a: Fotografía de la mina de un lápiz con la cámara del móvil, Fig. 10b: Fotografía de la mina utilizando la gota de gel en el objetivo del móvil o celular. (Créditos: Ricardo Moreno)

3) Trabajo de investigación

Luego de la separación e identificación de los diferentes micrometeoritos presentes en la muestra, el registro se logra mediante la realización de fotografías con el teléfono móvil, siempre utilizando el máximo aumento posible. Esta actividad ya es un paso importante en el marco de la propuesta, porque los participantes están verificando los conceptos compartidos al inicio de la experiencia, registrando las evidencias y guardando datos y asegurando la muestra para estudios posteriores (figuras 11a, 11b, 12a y 12b).



Fig. 11a: Fotografía de un solo micrometeorito aislado con la misma cámara, Fig. 11b: Fotografía con varios micrometeoritos usando una lente. (Créditos: Rosa M'Ros)



Fig. 12a: Buscando los candidatos a micrometeoritos. Fig. 12b: Recopilación de candidatos. (Créditos: Rosa M. Ros).

Finalmente, se puede completar el trabajo de investigación, intentando clasificar los micrometeoritos por su morfología, (diferenciando su forma, pues no todos son perfectamente esféricos, algunos están fusionados con otros, etc) y elaborar una "galería" de micrometeoritos descubiertos por los "Jóvenes Científicos" que participaron en el proyecto.

NASE se propuso compartir estos descubrimientos, enviando alguna información sobre los diferentes micrometeoritos detectados y se recibieron evidencias de la actividad, como fotografías y documentación sobre las identificaciones individuales y aquellos de los cuales fue posible clasificar según su morfología (tabla 2 y figuras 13a, 13b, 14a, 14b, 15a, 15b, 16a y 16b).

| Lugar: ciudad, país | Día, mes, año | Número de micrometeoritos | ¿Hay alguna morfología especial? |
|---------------------|---------------|---------------------------|----------------------------------|
| | | | |

Tabla 2: Registro de la colección de micrometeoritos



Fig. 13a: Micrometeorito con algunos detalles en su superficie procedente de Cluj-Napoca (Rumania).
Fig. 13b: Un micrometeorito especial encontrado en Viladecans (España) durante el evento final (Crédito Paula Chis).



Fig. 14a y 14b: Micrometeoritos esféricos brillantes y con diferentes colores de Irán, pero en cualquier caso son esféricos brillantes y con aspecto metálico (Créditos Hadi Babae y Seyed Mahdi Mirfathi respectivamente)



Fig. 15a: Recolección de micrometeoritos en Qom, Irán. Fig. 15b Micrometeoritos candidatos encontrados. (Crédito: Maryam Fartoosi y Maryam Karimi)



Fig. 16a y 16b: Candidatos a micrometeoritos con deformaciones y adherencias de Letonia. (Créditos: Zigita Baldone).

2. Recopilación de resultados

Además de la galería de micrometeoritos obtenidos es interesante, principalmente para inspirar a los lectores, presentar algunas fotografías de los experimentos realizados (figura 17) y de los estudiantes recogiendo el material y estudiando los micrometeoritos candidatos (figuras 28 a 31).



Fig. 17: Preparación de esferificaciones para comprender la forma de los micrometeoritos en una escuela secundaria rumana (Crédito Corina Toma).



Fig 18a y Fig 18b Buscando candidatos a micrometeoritos en escuelas primarias de Irán y China (Créditos Syedeh Fatemeh Hasheminsasb y Xu Peng).



Fig 19: Preparando una trampa para recolectar candidatos a micrometeoritos en Benin (Crédito Pide Aristide Ahanhanzo)



Fig. 20a y Fig 20b: La emoción de encontrar posibles micrometeoritos en Irán y China (Crédito: Seyed Mahdi Mirfathi y Xu Peng).



Fig. 21a y 21b: Estudiantes en Vietnam y Colombia observando los materiales recolectados en sus actividades (Créditos Thảo Thiên Vân y Ángela Pérez)



Fig. 22: Alumnos de secundaria y primaria cooperando en un mismo colegio en España (Crédito: Juan Antonio Prieto).

Con el material recogido los alumnos y profesores debían proceder a un examen utilizando varios dispositivos (móviles, microscopios, etc.). Varios equipos integrados por ejemplo, por estudiantes universitarios y personal de planetarios, también participaron en el proyecto de NASE para el Día Internacional de la Luz UNESCO 2023.

Este proyecto es realmente interesante para todas las personas, los resultados son muy similares, y luego comparables, ¡y en algunas ocasiones los estudiantes obtuvieron muchos candidatos en la misma muestra!



Fig. 23a y 23b: Alumnos estudiando los candidatos a micrometeoritos en Irán y España (Créditos Maedeh Hosseinzadeh y Juan Antonio Prieto).



Fig. 24: Maestros revisando candidatos a micrometeoritos con su móvil en Ecuador (Crédito: Nicolás Vásquez).



Fig. 30: Miembros de la Academia de Ciencias de Corea de KAIST en Busan, Corea del Sur (Crédito: In Ok Song). Fig. 31: Estudiantes universitarios de Nicaragua participaron en el proyecto NASE con la UNESCO de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAM-Managua, (Crédito Ligia Arenas)

Finalmente, cada docente y estudiante recibió su “certificación de participación”, así como cada centro organizador, escuela, universidad, asociación o planetario.

3. Proyectos especiales desarrollados por estudiantes y profesores en diferentes países.

En 2023, y relacionado con el alto impacto de la propuesta, el proyecto “Micrometeoritos” se desarrolló en muchos países con diferentes enfoques y particularidades interesantes.

Aquí se mencionan algunos ejemplos especiales:

- En China, más de 1000 estudiantes participaron en el proyecto.
- La tercera parte de la población iraní participó en el proyecto.
- En Bulgaria, este proyecto fue el tema de la 19ª edición de Astroparty

Todas ellas posibilidades diferentes y originales para incrementar el interés de los estudiantes por la astronomía y las ciencias espaciales.

MOST (Micrometeorites Outdoor Searching Team) en China, promovió a más de 1000 estudiantes involucrados

Dongni Chen, subdirectora del Planetario de Beijing, presentó los proyectos de Micrometeoritos de NASE a los profesores de astronomía en China en junio de 2023. El Club Xinyun de la escuela primaria número 2 de Zhongguancun, que es el principal club de astronomía de escuelas primarias de Beijing, descubrió que esto era una actividad muy interesante, en la que participaron más de 100 miembros. Para inicializar los proyectos, Geya ZHU, la instructora del Xinyun Club, recibió mucha ayuda de Bin Yang, quien también es del Planetario de Beijing.

Cuando descubrieron que los estudiantes de la escuela primaria podían aprender mucho usando herramientas simples para encontrar polvo de estrellas en nuestro entorno, intentaron establecer la escuela primaria Zhongguancun No.2 como ejemplo para mostrar cómo presentar la astronomía a los niños. El número de estudiantes en la escuela primaria Zhongguancun No.2 es de más de 7600 y el Club Xinyun es muy popular entre estos estudiantes.

Seis estudiantes del Xinyun Club (figura 32) formaron un equipo que se denominó MOST (Equipo de búsqueda al aire libre de micrometeoritos) y planificaron una serie de actividades, que incluyeron discusiones grupales, reuniones en línea, transmisión en vivo en las redes sociales y prácticas al aire libre, para promover la búsqueda de micrometeoritos. Aprovecharon al máximo School TV, que transmitió en vivo las actividades a más de 2500 estudiantes en clase. Actuaron como “profesores junior” y enseñaron a los estudiantes cómo fabricar herramientas de búsqueda de micrometeoritos paso a paso en las aulas. También proporcionaron enlaces a videos “demostrativos” y muchos estudiantes vieron estos videos más tarde cuando llegaron a casa y ejecutaron las actividades posteriormente.



Fig. 32: Los miembros de MOST en China (Crédito: Geya Zhu)

Al utilizar este método, atrajeron a más de 500 estudiantes para que se unieran a la transmisión en línea en las redes sociales para mostrar detalles sobre cómo buscar micrometeoritos.

Con herramientas propias organizaron más de cinco autobuses grupales al aire libre con más de 1.000 participantes. Luego, el proceso de búsqueda se introdujo en otras escuelas, como la escuela primaria Lenghu en Qinghai (figuras 33a, 33b, 34a and 34b).



Fig. 33a y 33b: Miembros de MOST trabajando con los estudiantes más jóvenes (Créditos: Geya Zhu)



Fig 34a y 34b: Buscando micrometeoritos. (Créditos: Geya Zhu)

Un tercio de Irán participó en el proyecto de micrometeoritos

En Irán, el proyecto de micrometeoritos ofreció una oportunidad extraordinaria para que los profesores de todo el país llevaran las maravillas del cosmos a sus aulas, inspirando y educando a los estudiantes. Permitió a los estudiantes no sólo contemplar las estrellas sino también conectarse físicamente con una parte del cosmos, añadiendo una dimensión intrigante al proyecto.

La Comunidad de Astronomía Thaqib, uno de los grupos de astronomía amateur más antiguos y activos de Irán, jugó un papel crucial en el anuncio del proyecto a través de varios canales, incluido su sitio web, plataformas de redes sociales y cartas a las escuelas.



Fig. 35: Estudiantes en Qom, Irán, estudiando el material localizado para encontrar candidatos a micrometeoritos (Crédito: Mohammad Reza Moradi).

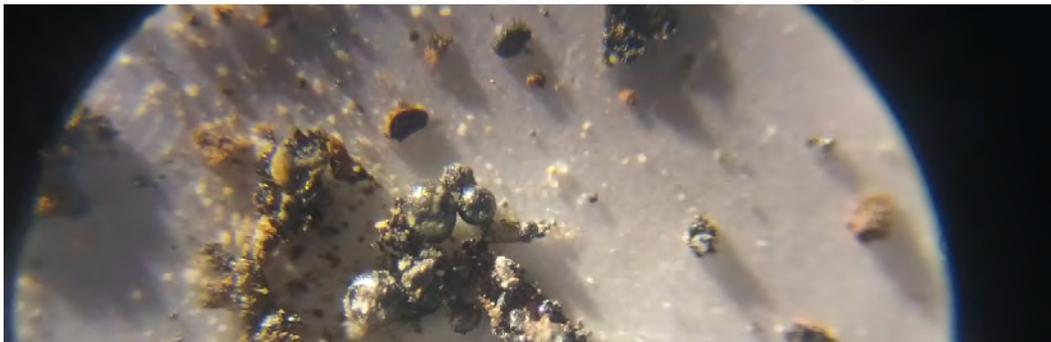


Fig. 36: Se localizaron cientos de candidatos a micrometeoritos en Irán. (Crédito: Hadi Babaee).

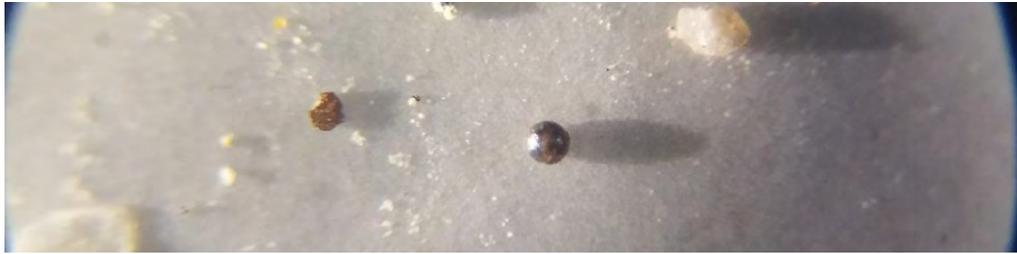


Fig. 37: Se localizaron cientos de candidatos a micrometeoritos en Irán. Hay algunos ejemplos aquí (Crédito: Mehdi Norouzibakhsh).

Además, la colaboración con Kanon, el Instituto para el Desarrollo Intelectual de Niños y Jóvenes, amplió el alcance del proyecto. La extensa red de Kanon en varias ciudades iraníes facilitó la distribución de cartas y materiales del proyecto a sucursales en todo el país. Esta colaboración reunió a entusiastas de la astronomía, estudiantes y educadores de diversos lugares, incluidas aldeas remotas (figuras 35, 36 y 37).



Fig. 38: Mapa de distribución de provincias participantes en el proyecto de micrometeoritos en Irán (Crédito: Fateme Hasheminasab).

Al final del proyecto, participaron activamente 212 estudiantes y 38 profesores de 26 escuelas de 13 ciudades de nueve provincias de Irán (figura 38).

ASTROPARTY nacional en Bulgaria, tras 19 ediciones este año centrado en los micrometeoritos

Por decimonovena vez consecutiva, los días 19 y 20 de mayo de 2023, se celebró ASTROPART nacional en la hermosa orilla del río Danubio, cerca del pueblo de Baykal, municipio de Dolna Mitropolia, e Bulgaria. El evento fue patrocinado por el Ministro de Educación y Ciencia y el alcalde del municipio de Dolna Mitropolia y cuenta con la IAU y la NASE como socios internacionales. El tema principal de la "Astroparty Baykal" 2023 fue "Un viaje al universo: nuevos descubrimientos y observaciones" (figura 39).



Fig. 39: Anuncio del Astroparty Baykal (Crédito. Ivo Jokin)

Participaron 45 estudiantes y 18 profesores de física de Bulgaria. En la tradicional mesa redonda "De profesores para profesores", Ivo Jokin presentó las directrices metodológicas del proyecto "Luz, cámaras y Vida". En el Astroworkshop, los participantes trabajaron en el proyecto mencionado buscando micrometeoritos, un proyecto de NASE-IAU, y realizaron experimentos para simular cráteres de impacto.

Los estudiantes del Astro Club del Centro Municipal elaboraron ellos mismos 60 "kits de búsqueda de micrometeoritos", que fueron distribuidos entre los participantes de la ASTROPARTY (figura 40). Los participantes y estudiantes recibieron certificados de participación.



Fig. 40: Uno de los 60 "kits de búsqueda de micrometeoritos" distribuidos durante Astroparty en Bulgaria, presentados en el evento presencial de NASE en España (Crédito Rosa M. Ros).



Fig. 41: Estudiantes y profesores en busca de micrometeoritos (Crédito: Ivo Jokin)

El proyecto se popularizó en una de las publicaciones de comunicación de la astronomía más populares y leídas, la revista "Telescope" (Jokin, 2023).

4. Análisis de la composición de algunos candidatos a micrometeoritos

Este nuevo proyecto de NASE involucrado en el Día Internacional de la Luz de la UNESCO, sobre micrometeoritos, fue de alto impacto en Rumania. Se ejecutó en colegios con alumnos desde 12 a 16 años en Cluj-Napoca. El material fue buscado en las canaletas, que recogen el material que se deposita en los techos, o en el canal de lluvia de los patios de los colegios. Los alumnos aprendieron también sobre las diferentes capas de la atmósfera terrestre y cómo explicar el proceso de adquisición de la forma esférica de los micrometeoritos. Algunos de ellos realizaron colecciones y álbumes de fotografías con los candidatos (figura 42). Frente al interés por el tema, en varios colegios se decidió ampliar este proyecto utilizando diferentes métodos científicos, imágenes ópticas y electrónicas.



Fig. 42a: Estudiantes buscando micrometeoritos en Cluj-Napoca, Rumania. Fig. 42b y 42c: Dos ejemplos de candidatos a micrometeoritos (Crédito: Paula y Ambrozie Chis).

Después de recolectarlos con un imán y clasificarlos por forma, los micrometeoritos fueron estudiados a través de lentes y se tomaron fotografías con un teléfono inteligente con un microscopio de 100X adjunto. Algunos de ellos pudieron considerarse buenos candidatos para ser micrometeoritos.

De acuerdo con los criterios establecidos por Genge (Genge y otros, 2008) las esférulas son “buenas candidatas” a ser micrometeoritos ya que reúnen al menos 2 o 3 características esenciales: capa de magnetita, metal hierro portador de Ni y composición condritica. Las condritas están formadas principalmente por hierro, magnesio, silicio y oxígeno. Los constituyentes más abundantes de las condritas son los cóndrulos, partículas ígneas que cristalizan rápidamente en minutos u horas (Evatt y otros, 2020).

En colaboración con especialistas en espectrometría (del ICIA Cluj-Environmental analysis laboratory y la Facultad de Física de la Babes-Bolyai University, Cluj-Napoca) se determinó la composición de dos candidatos. Utilizando un modelo SEM de alto vacío Tescan Vega 3 con etapa motorizada de 3 ejes para la investigación de pequeñas muestras conductoras y un microscopio electrónico de barrido completamente integrado con un microanalizador EDX fue posible obtener imágenes la composición química para cada candidato. Las figuras 43 y 44 muestran resultados para algunos de los micrometeoritos detectados en la actividad desarrollada en 2023

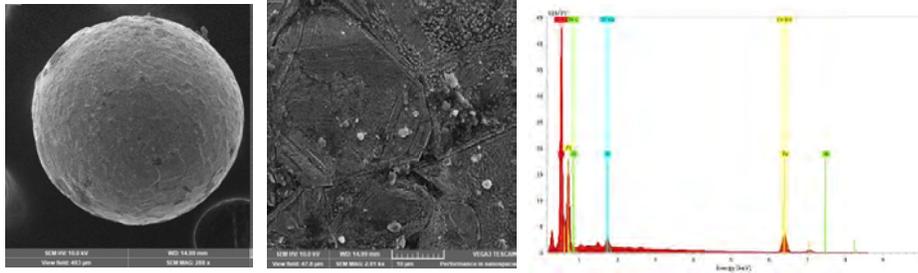


Fig. 43a: Candidato 1, Fig. 43b: Detalle del candidato 1, Fig. 43c: Composición del candidato 1 (Crédito: Paula y Ambrozje Chis).

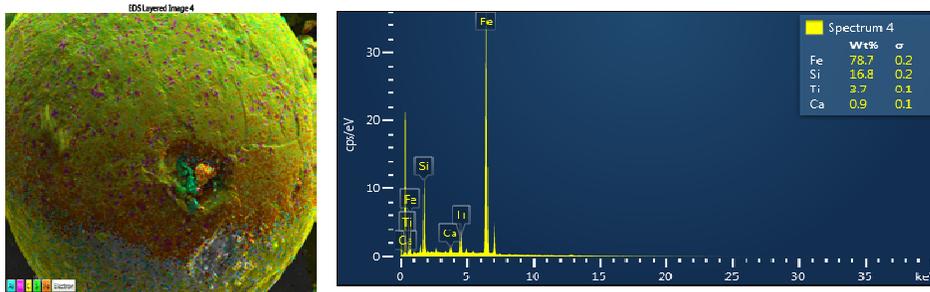


Fig. 44a: Candidato 2, Fig. 44b: Composición del candidato 2 (Crédito: Paula y Ambrozje Chis).

| Element | At. No. | Mass (%) |
|---------|---------|----------|
| Fe | 26 | 64.84 |
| O | 8 | 32.40 |
| Si | 14 | 1.46 |
| Ni | 28 | 1.29 |

Tabla 3: Composición del candidato 1.

| Element | At. No. | Mass (%) |
|---------|---------|----------|
| Fe | 26 | 78.7 |
| Si | 14 | 16.8 |
| Ti | 22 | 3.7 |
| Ca | 20 | 0.9 |

Tabla 4: Composición del candidato 2.

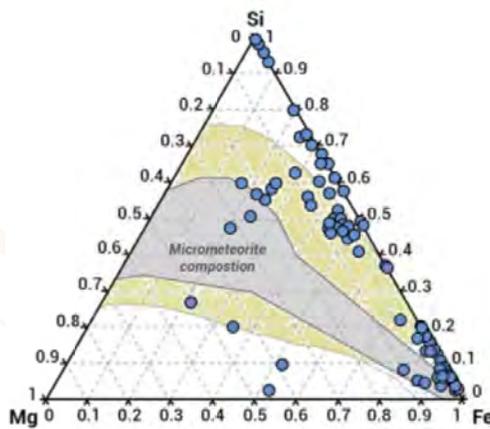


Fig. 45. Gráfico ternario de los minerales de alta densidad en un micrometeorito. (Crédito: Jennifer A. Grier and Andrew S. Rivkin).

Los micrometeoritos están formados por diferentes elementos químicos, por lo que existen diferentes tipos de ellos. Se comparó la composición de los mismos utilizando el gráfico de la figura 45 (Grier & Rivkin, 2019). Ambos candidatos presentaban hierro, pero uno de ellos también tenía Ni lo que lo convertía en un mejor candidato para ser un micrometeorito (Suttle y otros, 2021).

5. Buscando micrometeoritos en Viladecans de forma presencial

Como ya se mencionó, en el proyecto “Luz, cámaras y Vida 2023”, han participado 28 países de 4 continentes distribuidos en todas las latitudes: Argelia, Argentina, Armenia, Benín, Bulgaria, China, Colombia, República Dominicana, Ecuador, Etiopía, Finlandia, Alemania, Grecia, Guinea Conakry, India, Irán, Letonia, Mongolia, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Portugal, Rumania, Corea del Sur, España, Uruguay, Estados Unidos y Vietnam.

Se han recibido 180 informes realizados en centros y centros educativos de primaria y secundaria, así como por algunas universidades, planetarios y observatorios. No es posible calcular el número total de estudiantes involucrados, pero sí es posible estimar un crecimiento significativo en el número de participantes, en comparación con proyectos anteriores de NASE integrados en el Día de la Luz de la UNESCO.

Todos los informes de resultados recibidos se muestran en el sitio web de NASE:

<https://www.naseprogram.org/proiecte-iau-unesco/micrometeorites/>

La organización de Ciencia en Acción colocó un conjunto de tiendas de campaña en diferentes puntos de la localidad para recibir la visita de los miles de escolares que se esperaba que realizaran la actividad. Con el asesoramiento de varios grupos de profesores extranjeros y locales que explicaban el proceso a seguir se ofreció a los estudiantes la opción de buscar ellos mismos candidatos a micrometeoritos y regresar a casa con alguna muestra de ellos.

En esta ocasión se buscaron candidatos a micrometeoritos utilizando sólo dos de los métodos mencionados anteriormente en la sección “Buscando micrometeoritos en 3 pasos” (métodos 1 y 3). Al trabajar con los estudiantes solo un día, no se pudo utilizar el método de “trampa” porque significa recolectar material con varios días de anticipación.

En resumen:

- Recogimos material en cunetas con un cepillo y usando un imán dentro de una bolsa de papel, movimos el material recolectado y separamos la parte ferromagnética del mismo. (figura 46). Se decidió seguir este método debido a que al experiencia se realizaba al aire libre y a que la presencia de viento podía ser un obstáculo para la recolección de las pequeñas partículas.
- Por otra parte, invitamos a los estudiantes a usar la “trampa” individual de micrometeoritos con un vaso de papel, una cuerda y un pequeño imán (figura 47).

Todos los estudiantes pudieron conservar los candidatos encontrados e identificados por ellos mismos (figura 48).



Fig. 46: En la calle, los estudiantes, recolectaron arena y arenilla donde pudieron localizar micrometeoritos. Con un trozo de papel prepararon un bolsillo, introdujeron dentro un imán y lo fueron desplazando sobre los materiales recogidos. El imán atraía a los candidatos a micrometeoritos y podían observarlos con una lente, un móvil o un microscopio para localizar los que eran esféricos. (Créditos: Rosa M. Ros).



Fig. 47: Los estudiantes usaban el vaso de papel y el imán para localizar candidatos a micrometeoritos. Cuando se detectaban algunos de ellos-se fijaban con cinta adhesiva. (Créditos: Rosa M. Ros).



Fig. 48: Los estudiantes interesados se llevaban sus candidatos a micrometeoritos. (Créditos: Rosa M. Ros).

Uno de los objetivos tanto de la Unión Astronómica Internacional como de NASE es el desarrollo de actividades científicas en el marco de iniciativas de Ciencia Ciudadana y la Comunicación de la Astronomía con el público en general y este evento fue un buen ejemplo de este tipo de iniciativas.

Los profesores de los países que participaron presencialmente en este evento (Alemania, Armenia, Bulgaria, España, Mongolia y Rumanía) tuvieron la oportunidad de compartir su experiencia (además de mostrar los materiales) con el resto de compañeros y disfrutar de la feria Ciencia en Acción, que no se desarrolló simultáneamente con el proyecto NASE.

Más de 500 alumnos de Viladecans matriculados en sus centros educativos (Escola Montserratina, I.E.S. Sales, I.E.S. Olímpia, I.E.S. Torre Roja I.E.S. Miramar) se implicaron. Cada 30 minutos llegaba un nuevo grupo de 20 a 25 estudiantes, de entre 6 y 18 años, que participaban en el experimento y luego cedían su lugar al siguiente grupo. El proceso se desarrolló durante toda la mañana del viernes 27 de octubre.

Los grupos de docentes se dispusieron en 5 lugares cuyas ubicaciones fueron:

- Centro 1: Escola Montserratina (figuras 49, 50 y 51) con profesores de Armenia y España.
- Centro 2: I.E.S. Sales (figuras 52, 53 y 54) con profesores de Mongolia, Rumanía y España.
- Centro 3: I.E.S. Olímpia (figuras 55, 56 y 57) con profesores de Mongolia y Rumanía.
- Centro 4: I.E.S. Torre Roja (figuras 49 y 57) con profesores de Alemania y España
- Centro 5: I.E.S. Miramar (figuras 52, 53 y 54) con profesores de Bulgaria y España.



Fig. 49: En el patio de la Escola Montserratina, el equipo de Armenia y España comienza a introducir la actividad a los alumnos de primaria. (Crédito Rosa M. Ros).



Fig. 50: Escola Montserratina con el equipo de Armenia y España recogiendo candidatos de materiales extraterrestres (Crédito. Rosa M. Ros).



Fig. 51: Escola Montserratina con alumnos muy motivados buscando micrometeoritos (Crédito: Rosa M Ros).



Fig. 52: IES Ventas donde se instalaron los equipos de Mongolia, Rumanía y España (Crédito Rosa M. Ros)



Fig. 53: Profesor de Rumanía y algunos estudiantes del IES Ventas determinando posibles candidatos con una lente. (Crédito: Rosa M Ros).



Fig. 54. La profesora de Mongolia mostrando material recopilado (Crédito: Rosa M Ros).

Normalmente la sesión comenzaba con una breve introducción sobre cómo llegan los micrometeoritos a la superficie de la Tierra y el motivo por el que aparecen como pequeñas esferas (figura 55).



Fig. 55a: Profesor mongol del Centro Educativo “Extremum” y miembro de NASE preparando los micrometeoritos. Fig. 55b: Estudiante repitiendo el experimento en el IES Olimpia (Crédito Paula Chis).

Al principio, los estudiantes recogieron muestras que, tras un estudio crítico mediante dispositivos ópticos (teléfono con aplicación específica, lentes o un microscopio (figuras 56, 57a, 57b, 58 y 59)), mostraron los objetos que podrían considerarse candidatos serios a ser micrometeoritos. Un análisis más preciso no fue posible en ese momento.



Fig. 56: Profesor rumano y miembro de la NASE estudiando candidatos a micrometeoritos en el IES Olimpia (Crédito Rosa M. Ros).



Fig. 57a: Un miembro del equipo mongol del Observatorio de Ulaanbaatar y miembro de NASE considerando varios candidatos mediante la aplicación de su teléfono móvil, Fig. 57b: Uno de los micrometeoritos candidatos encontrados por este grupo. (Crédito. Rosa M Ros).



Fig. 58: Profesor de Alemania buscando candidatos con un microscopio digital (Crédito: Rosa M Ros).



Fig. 59. Profesores de España y Alemania introduciendo dispositivos para determinar candidatos a micrometeoritos (Crédito: Rosa M Ros).



Fig. 60: Profesores de Bulgaria y España introduciendo los conceptos esenciales de los micrometeoritos antes de comenzar las actividades en el IES Miramar (Crédito: Rosa M. Ros).



Fig. 61: Alumnos satisfechos con sus candidatos a micrometeoritos en el IES Miramar (Crédito: Rosa M. Ros).



Fig. 62: Profesora de Bulgaria revisando un candidato y el alumno satisfecho tras encontrar un posible micrometeorito en el IES Miramar (Crédito: Rosa M. Ros).

En todos los casos, los estudiantes buscaron micrometeoritos con un éxito importante. La actividad no sólo fue divertida, sino formativa y la posibilidad de tener una muestra de material extraterrestre para inspeccionar en casa, transformó la experiencia en una que continúa más allá del tiempo de la feria.

6. Detección de micrometeoritos por densidad

Como sólo alrededor del 97% de todos los micrometeoritos son atraídos magnéticamente y algunos sólo muy débilmente, un método adicional podría ser: primero recolectar mucho material y luego distinguir todo por densidad en lugar de por magnetismo. Esta idea está respaldada por muchos trabajos bibliográficos (por ejemplo, Suttle y otros, 2021).

Para recoger mucho material se puede utilizar un cepillo de mano y un recogedor y para extraer los micrometeoritos con mayor densidad, basta una bandeja de lavado de oro y agitar el material suavemente con agua puede ayudar a que los micrometeoritos más densos se hundan en el fondo.

Una ventaja adicional de este método es que incluso se puede utilizar material húmedo en caso de recogerlo mientras llueve. Y además el viento no daña la recogida con cepillo de mano y recogedor.



Fig. 63a: Usando una bandeja de lavado de oro se puede decantar el agua e ir dejando los materiales más densos en el fondo de la bandeja. Fig. 63b: En el fondo aparecen los micrometeoritos esféricos, aunque no sean ferromagnéticos, pues no se ha usado el efecto del magnetismo para detectarlos (Crédito Stefan Müller-Champrenaud).

7. Evento de cierre de “Luz, cámaras and Vida”

La sesión online de cierre del evento, realizado el 28 de octubre de 2023, fue transmitida a nivel mundial, grabada y puede verse en el canal de YouTube de NASE, en el enlace: <https://www.youtube.com/watch?v=fx81kJL5loQ&t=8221s>

Parte de los asistentes estuvieron en España de forma presencial, fueron todos los profesores que integraban los 5 grupos que impartieron las sesiones el día anterior, distribuidos en la ciudad y en contacto directo con el público.

Este evento híbrido tuvo las ventajas de abrir el escenario a la participación y colaboración de personas de muchos lugares. Parte de los participantes presenciales y online compartieron sus trabajos e investigaciones sobre los temas de la convocatoria.

Antes de iniciar la retransmisión online de esta final, el teniente de alcalde de Promoción de la Ciencia y Difusión Científica de Viladecans (figura 64) se despidió de los 15 profesores visitantes (1 Alemania, 2 Armenia, 2 Bulgaria, 5 España, 3 Mongolia y 2 Rumanía) explicando detalladamente el interés de la ciudad de Viladecans por la ciencia ciudadana y por la promoción y fomento de nuevas vocaciones STEM, totalmente en línea con los objetivos de NASE.



Fig. 64: Reconocimiento del teniente de alcalde de Promoción de la Ciencia y Difusión Científica de Viladecans a los profesores visitantes invitados al proyecto IAU-UNESCO presentado por NASE como Gran Experiencia de Ciencia en Acción 2023. (Crédito: Rosa M. Ros).

La agenda de la reunión incluyó los siguientes temas:

- **Sesión inaugural**, Beatriz García y Rosa M. Ros, Argentina y España.

- **“Búsqueda de micrometeoritos con estudiantes de la escuela primaria Zhongguancun No.2”**, Geya Zhu, Escuela Primaria Zhongguancun No. 2, Beijing, China.
- **“Proyecto NASE sobre Micrometeoritos en Irán”**, Fateme Hashemi Nasab, ITAU, Bushehr, Irán.
- **“Polvo de estrellas de la ciudad: Comparación entre dos micrometeoritos”** Ambrozie Chis y Paula Chis, Escuela George Baritiu, Cluj, Rumania.
- **“Micrometeoritos de la mitad del mundo en América Latina”** Nicolás Vásquez, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- **“Observaciones de micrometeoroides mediante ablación utilizando radares de alta potencia y gran apertura”** Qihou Zhou, Universidad de Miami, EE.UU.
- **“Resumen de “Micrometeoritos en Viladecans”**, Ivo Jokin, Bulgaria; Stefan Müller-Champrenaud, Alemania; Bayarkhuu Chinzoring, Mongolia; Varduhi Mkrtychyan, Armenia.
- **“¿Veremos la constelación de Orión sin la estrella Betelgeuse el 12 de diciembre?”** Antoni Selva, Asociación Astronómica de Sabadell, Sabadell, España.
- **Sesión de clausura**, Beatriz García y Rosa M. Ros, Argentina y España.

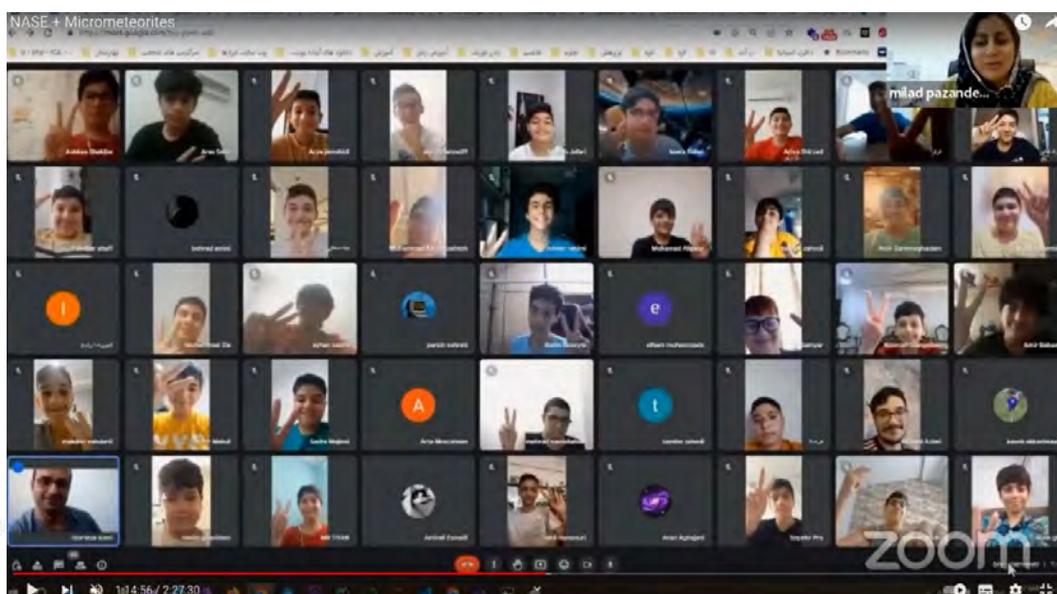


Fig. 65: Fateme Hasheminasab de ITAU y miembro de NASE presentando la actividad de estudiantes y profesores en Irán. (Crédito: Beatriz García).



Fig. 66: Nicolás Vásquez de la Universidad Politécnica de Quito y miembro de NASE presentando el resumen de los informes americanos presentados en este proyecto. (Crédito: R.M. Ros).

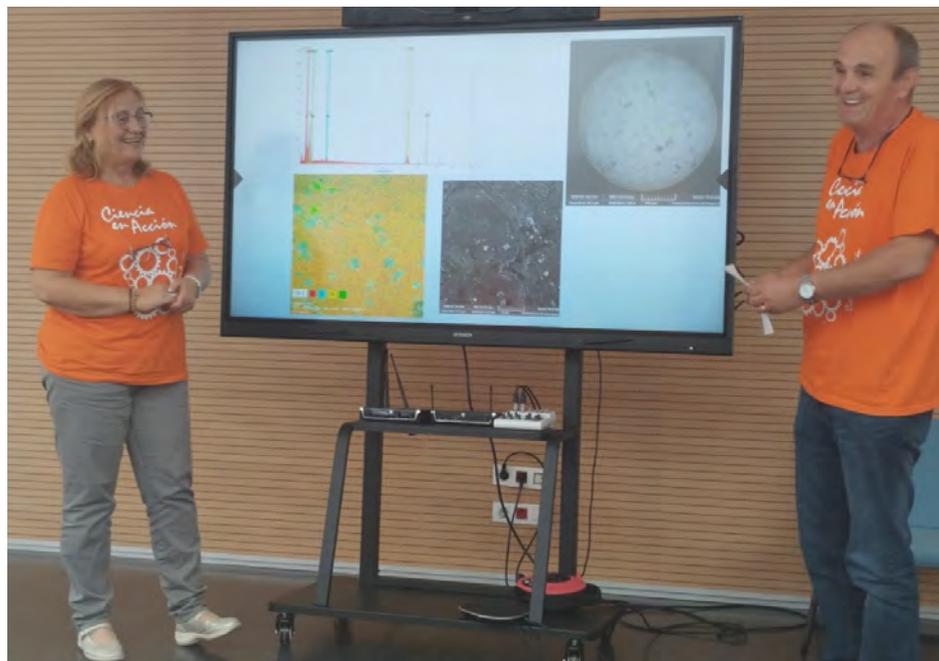


Fig. 67: Ambrozie y Paula Chis mostrando su contribución sobre los micrometeoritos analizados (Crédito: Rosa M. Ros).

Una de las ponencias, como no podía ser de otra manera, resumió de forma breve y sencilla la Gran Experiencia del día anterior. Los autores de esta presentación fueron Ivo Jockin, Stefan Müller-Champrenaud, Bayrkhoo Chinzoring y Varduhi Mkrtychyan de Bulgaria, Alemania, Mongolia y Armenia respectivamente. Las figuras 64 a 69 muestran algunos momentos especiales del encuentro.



Fig. 68: Resumiendo la Gran Experiencia del día anterior para que los asistentes online conocieran los resultados de la misma. Una experiencia muy interesante que fue valorada muy positivamente por los alumnos y los profesores de estos alumnos. (Crédito: Paula Chis).

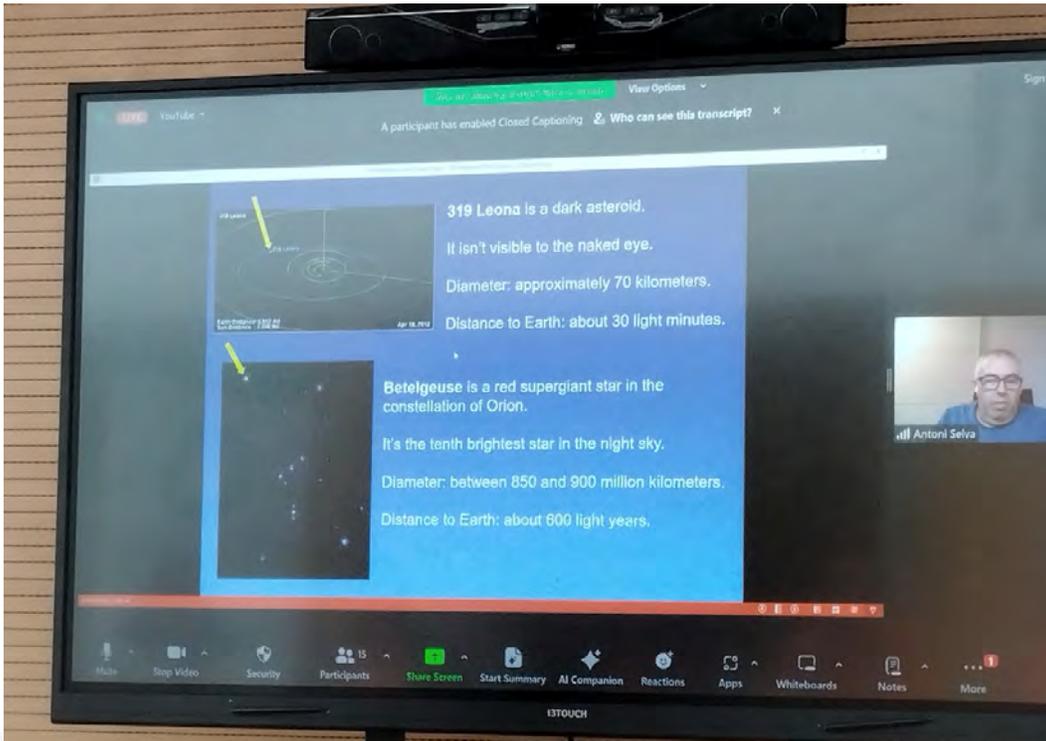


Fig. 69: Antoni Selva, último ponente de la sesión online presentó el próximo evento NASE que tendrá lugar el 16 de diciembre relacionado con la Ocultación de Betelgeuse. Este fue un proyecto sugerido por Jay Pasachoff, quien falleció en noviembre de 2022, y NASE lo organizará in memoriam (Crédito: Rosa M Ros).

7. Resultados y Conclusiones

En esta sexta edición del proyecto NASE-UNESCO, el programa recibió más de ciento ochenta informes escritos. Estos trabajos se pueden ver (y recuperar) en el sitio web de NASE. La distribución de trabajos en el Globo, se detalla en la figura 67.

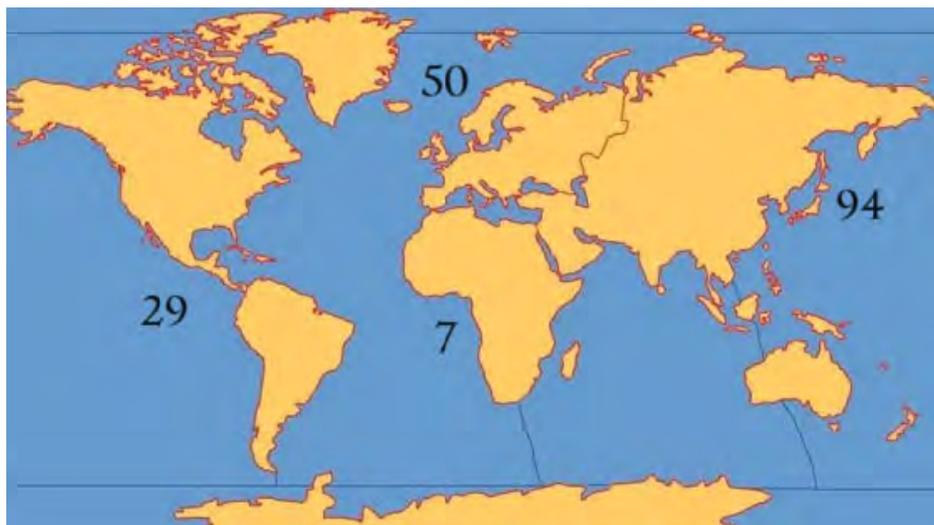


Fig. 70: Distribution by continents of the works received (Credit: Lucas Torres).

La mayoría de los informes incluyeron fotografías de los micrometeoritos encontrados, pero en algunos se detalló el proceso completo que se siguió y también los casos en los que los estudiantes no pudieron encontrar ningún candidato: un resultado negativo es también un resultado científico y una oportunidad para aprender sobre los problemas en la investigación experimental. En general, los resultados fueron proporcionados por escuelas primarias y secundarias, pero hay algunos informes elaborados por universidades, observatorios, asociaciones de docentes y planetarios.

La calidad de los resultados (que fueron muy buenos), es solo una parte de la actividad; lo más importante en esta propuesta es su impacto, los intereses promovidos y la comprensión de los procesos llevados a cabo.

“Luz, Cámara y Vida” no fue sólo un proyecto para encontrar micrometeoritos, sino algo más interesante para los estudiantes. Existe un trabajo previo antes de empezar a buscar micrometeoritos. Se pueden preparar varias actividades dependiendo del tipo de proyectos que los docentes decidan planificar. En algunos casos, se organizó una serie de actividades, incluidas discusiones grupales, reuniones en línea, videos en vivo en las redes sociales y prácticas al aire libre, para promover la búsqueda de material extraterrestre, resultando de todo ello una mejor ejecución del proyecto global.

Estas actividades atraen a mucha gente y como quedó evidenciado, se encuentran, en cada momento y lugar en que se ejecuta la propuesta, varios candidatos a micrometeoritos.

Uno de los puntos clave del proyecto fue que a los niños les gusta la idea de encontrar materiales extraterrestres, las actividades son “fáciles de hacer” porque los materiales son fáciles de conseguir y usando las redes sociales pueden encontrar más información, distribuirla y compartirla.

Probablemente, los micrometeoritos encontrados no sean lo más importante en la propuesta, sino entender el proceso que se lleva a cabo para conseguirlos y considerar que es fácil encontrar material extraterrestre, y que es posible ampliar la investigación , más allá de la detección, a otros temas relacionados, por ejemplo, con la astroquímica y la astrobiología, disciplinas que estudian el origen y evolución de la vida en la Tierra, especialmente en ambientes extremos, para extender ese conocimiento a mundos extrasolares.

Agradecimientos

NASE desea agradecer a todas las instituciones que apoyan estas iniciativas:

Cité de la Science en Túnez, Túnez
CLEA, Comité de Liaison Enseignants et Astronomers, Francia
CONICET, Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina
CSIC, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, España.
Entoto Observatory, Etiopía
ESSTI Ethiopian Space Science Society, Etiopía
Institut für Astrophysik, University of Wien, Austria
Institut Teknologi Bandung, Indonesia
Instituto de Astrofísica e Ciências do Espaço, Portugal
ITAU Iraian Teacher’s Astronomy Union, Iran
ITEDA, Instituto de Tecnologías en Detección y Astropartículas (CNEA-CONICET-UNSAM), Argentina
ITERA Institut Teknologi Sumatera, Indonesia
SINA Students Iranian Network for Astronomy, Iran
NARIT National Astronomical Research Institute of Thailand , Tailandia
Planetario de Beijing, China
Planetario de Oporto, Portugal
Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina
University of Oporto, Portugal

BIBLIOGRAPHY

Belmonte J.A., Berthomieu F., Costa A., Deeg H., Deustua S., Fierro J., García B., Hemenway M.K., Moreno R., Pasachoff J.M., Percy J., Ros R.M., Stavinschi M., 2018, **14 steps to the Universe**, Ros R.M. and Hemengway M.K. edi.

Evatt, G., Smedley, A., Joy, K., Hunter, L., Tey, W. H., Abrahams, L. D., & Gerrish, L., 2020. The spatial flux of Earth's meteorite falls found via Antarctic data. *Geology*, 48(7), 683-687. <https://doi.org/10.1130/G46733.1>

Genge M.J., Engrand C., Gounelle M., Taylor S., 2008, The classification of micrometeorites. *Meteoritics & Planetary Science* 43 Nr. 3, 497-515

Grier J.A., Rivkin A.S., 2019, The creation of regolith and soils-Impact Cratering and other Processes. *Airless Bodies of the inner solar system*

Jokin, I., 2023, "Two teachers from the municipality of Dolna Mitropolia represented Bulgaria at an international festival "Ciencia en Accion" in Spain", *Telescope* 50, 1153

Ros, R.M. & García, B., 2023. 3rd Book: Bridges Between Cultures: Looking for Micrometeorites, Eds., Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8223805>

Suttle M.D., Hasse T., Hecht I., 2021. Evaluating urban micrometeorites as a research resource- A large population collected from a single rooftop. *Meteoritics & Planetary Science* 56 Nr. 8, 1531-1555.



